

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-210019

(43)公開日 平成10年(1998)8月7日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup> 識別記号

H 04 L 7/033

H 03 L 7/181

F I

H 04 L 7/02

B

H 03 L 7/06

C

審査請求 未請求 請求項の数15 ○L (全 14 頁)

(21)出願番号 特願平9-8831

(71)出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(22)出願日 平成9年(1997)1月21日

(72)発明者 馬場 昌之

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内

(72)発明者 加藤 嘉明

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内

(72)発明者 村上 篤道

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内

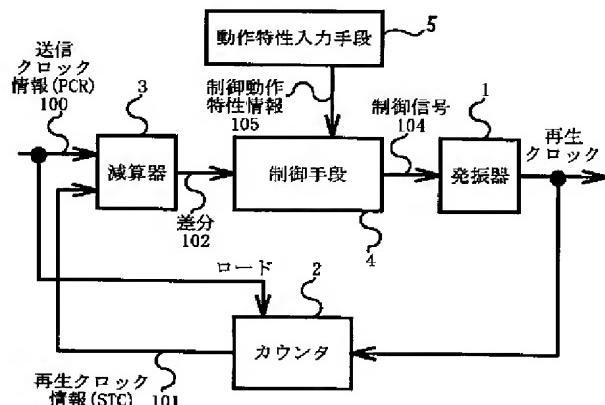
(74)代理人 弁理士 宮田 金雄 (外2名)

(54)【発明の名称】 クロック再生装置およびクロック再生方法

(57)【要約】

【課題】 送信装置と同じクロックを受信側で再生するクロック再生装置において、様々な状況において最適なクロック再生制御が行えるようにする。

【解決手段】 動作特性入力手段5を設け、送信クロックの受信間隔や、伝送路の揺らぎの情報などをクロック再生制御を行う制御手段4に通知することにより、制御手段の動作特性を変更し、その状況において最適なクロック再生制御を行う。



**【特許請求の範囲】**

**【請求項1】** 再生クロックを出力する再生クロック出力手段と、送信側クロック周波数を示す送信クロック情報と上記再生クロック出力手段から出力される再生クロックの周波数を示す再生クロック情報との差分を検出するクロック差分検出手段と、このクロック差分検出手段からの上記差分に基づき上記再生クロック出力手段の再生クロック周波数を制御する制御手段と、この制御手段に対して制御動作特性情報を入力する動作特性入力手段とを備え、この動作特性入力手段から入力される制御動作特性情報に基づき上記制御手段は上記再生クロック出力手段の再生クロック周波数を制御することを特徴とするクロック再生装置。

**【請求項2】** 上記動作特性入力手段は、上記差分に加わる揺らぎ情報を設定し制御動作特性情報として出力する揺らぎ情報設定手段を備えるとともに、上記制御手段はこの揺らぎ情報設定手段で設定される揺らぎ情報に基づき再生クロック周波数を制御することを特徴とする請求項1記載のクロック再生装置。

**【請求項3】** 上記制御手段は、入力された上記差分に基づき上記再生クロック出力手段への制御信号を生成する利得手段を備え、上記揺らぎ情報設定手段で設定される揺らぎ情報に基づき、揺らぎが小さい場合は上記利得手段における利得を大きくし、揺らぎが大きい場合は利得を小さくすることを特徴とする請求項2記載のクロック再生装置。

**【請求項4】** 上記制御手段は、入力された上記差分の低周波数成分をとりだすローパスフィルタ処理手段を備え、上記揺らぎ情報設定手段で設定される揺らぎ情報に基づき、揺らぎが小さい場合は上記ローパスフィルタ処理手段のカットオフ周波数を高くし、揺らぎが大きい場合にはカットオフ周波数を低くすることを特徴とする請求項2ないし3に記載のクロック再生装置。

**【請求項5】** 上記揺らぎ情報設定手段として、上記クロック差分検出手段から出力される差分の時間変化率のさらにその変化率を算出することにより揺らぎの大きさを検出し揺らぎ情報として設定する揺らぎ検出手段を設けたことを特徴とする請求項2ないし4に記載のクロック再生装置。

**【請求項6】** 上記動作特性入力手段は、上記再生クロックが安定状態であることを設定する再生クロック状態設定手段を備えるとともに、上記制御手段はこの再生クロック安定状態設定手段に設定される再生クロックの状態に基づき再生クロック周波数を制御することを特徴とする請求項1記載のクロック再生装置。

**【請求項7】** 上記制御手段は、入力された上記差分の低周波数成分をとりだすローパスフィルタ処理手段を備え、上記再生クロック状態設定手段で再生クロックが安定状態であると設定された場合、上記ローパスフィルタ処理手段のカットオフ周波数を低くすることを特徴とす

る請求項6に記載のクロック再生装置。

**【請求項8】** 上記クロック差分検出手段から出力される差分の時間変化率を検出し、この時間変化率が所定の値より小さくなつたことにより上記再生クロックが安定状態であると設定する差分変化率検出手段を設けたことを特徴とする請求項6ないし7に記載のクロック再生装置。

**【請求項9】** 上記動作特性入力手段は、上記差分に加わる揺らぎ情報を設定し制御動作特性情報として出力する揺らぎ情報設定手段を備え、上記差分変化率検出手段はこの揺らぎ情報設定手段で設定される揺らぎ情報に基づき上記所定の値を設定することを特徴とする請求項8に記載のクロック再生装置。

**【請求項10】** 上記動作特性入力手段は、上記送信クロック情報を受信する間隔を設定し制御動作特性情報として出力する受信間隔設定手段を備えるとともに、上記制御手段はこの受信間隔設定手段で設定される受信間隔に基づき再生クロック周波数を制御することを特徴とする請求項1記載のクロック再生装置。

**【請求項11】** 上記制御手段は、入力された上記差分に基づき上記再生クロック出力手段への制御信号を生成する利得手段を備え、上記受信間隔設定手段で設定される受信間隔が小さい場合は上記利得手段における利得を大きくし、上記受信間隔が大きい場合は利得を小さくすることを特徴とする請求項10記載のクロック再生装置。

**【請求項12】** 上記送信クロック情報を受信する間隔を検出して上記受信間隔として設定する受信間隔検出手段を設けたことを特徴とする請求項10ないし11に記載のクロック再生装置。

**【請求項13】** 送信側クロック周波数を示す送信クロック情報と再生クロックの周波数を示す再生クロック情報との差分を検出し、この検出された差分と、設定された揺らぎ情報に基づき上記再生クロック周波数を制御することを特徴とするクロック再生方法。

**【請求項14】** 送信側クロック周波数を示す送信クロック情報と再生クロックの周波数を示す再生クロック情報との差分を検出し、この検出された差分と、設定された再生クロックの状態に基づき上記再生クロック周波数を制御することを特徴とするクロック再生方法。

**【請求項15】** 送信側クロック周波数を示す送信クロック情報と再生クロックの周波数を示す再生クロック情報との差分を検出し、この検出された差分と、設定された受信間隔に基づき上記再生クロック周波数を制御することを特徴とするクロック再生方法。

**【発明の詳細な説明】****【0001】**

**【発明の属する技術分野】** この発明は、通信や放送を行う装置において、送信側から送出されるクロック情報を使用して受信側で送信側のクロックを再生するクロック

再生方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】例えば図17はITU-Tホワイトブック、オーディオビジュアル／マルチメディア関連(Hシリーズ)勧告集(平成7年2月18日 財団法人日本ITU協会発行)の勧告H.222.0(182頁～184頁)に示されるような従来のクロック再生装置を示す構成図であり、図において11は電圧制御発振器、12はこの電圧発振器11から出力される再生クロックで動作するカウンタ、13は減算器、14はローパスフィルタ及び利得である。

【0003】なお、上記勧告では送信側から送出されるクロック情報をPCR(program clock reference)、受信側で再生するクロック情報をSTC(system time clock)と呼んでおり、PCRは送信側で使用するクロックで動作するカウンタのカウンタ値、STCは受信側で再生したクロックで動作する上記カウンタ12のカウンタ値である。また15は上記減算器13で求められるPCRとSTCの差分、16はローパスフィルタ及び利得14から上記電圧制御発振器11に出力される制御電圧である。

【0004】次に動作について説明する。受信側において送信側のクロックを再生する場合、最初に到着した送信クロック情報(PCR)100をカウンタ12にロードする。カウンタ12は電圧制御発振器11が出力する再生クロックでカウント動作を行う。ここで、2番目のPCR100が到着すると、この時点でカウンタ12の出力である再生クロック情報(STC)101は減算器13に入力され、到着した2番目のPCR100との差分15が求められる。

【0005】PCR100は送信装置のクロックで動作するカウンタの値であり、STC101は受信装置のクロックで動作するカウンタの値であるので、PCR100とSTC101の差分は、送信装置のクロックと受信装置のクロックとの間の周波数の差に起因する量を示す。例えば、送信装置のクロック周波数が受信装置のクロック周波数より20Hz高ければ、1秒間でPCR100のカウント値の増加分は、STC101のカウント値の増加分より20大きい値となる。したがって、PCR100とSTC101の差分10が前回と今回で同じ値であれば、同じ時間でカウントする数が同じであるから、周波数が同じということである。

【0006】この差分が、PCR100の到着する毎に同じになれば、カウンタの進み具合が同じになったということ、すなわち送信側周波数と再生周波数が同じであることを示す。減算器13から出力される差分15はローパスフィルタ及び利得14で制御電圧16に変換され、電圧制御発振器11の周波数が変化し、それに伴いカウンタ12の出力が変化し、PCR100とSTC101の差分の変化する量が次第に減少する。

【0007】PCR100が到着する毎に上記の動作を繰り返し、減算器13の出力(PCR100とSTC101の差分)が一定となるように、すなわち同じ時間でカウントアップする値が送信側と等しくなるように電圧制御発振器11の周波数を制御することにより、送信側と同じ周波数のクロック再生を行う。

【0008】なお、送信側と同じ周波数のクロック再生がなされ、安定している状態で、通常、PCR100とSTC101の差分は一定値(オフセット)を維持する。これは、最初、PCR100をカウンタ12にロードするのでこの時点ではオフセットは無いが、送信側周波数の再生動作前なので、送信側周波数と再生周波数はいずれおり、PCR100とカウンタ値は徐々にずれていき、再生動作に伴い差分が一定となるように再生周波数が制御されるため、安定した状態でオフセットをもつことになるためである。

【0009】また、通信を行う際にネットワークを使用すると、例えばATM(非同期転送モード)のネットワークでは複数の通信装置のデータを多重伝送する時に、同時に複数の装置よりデータの送信が要求されると、ネットワークでは同時に送信することはできないため、それらのデータを順次送信する。これにより、送信端末の送信データが一時的にネットワーク内にとどまり、送信装置から送信されるデータの送信の間隔が、受信端末では保持されなくなる。このような状況を伝送路(ネットワーク)に揺らぎがあるという。

【0010】このように伝送路に揺らぎが存在する場合、伝送路の揺らぎにより、PCRの受信タイミングも揺らぎ、このPCRの受信タイミングの揺らぎの影響で、差分15は送信側と受信側のクロック周波数の差を正確に表わさなくなってしまう。すなわち、この差分15も送信側、受信側間の周波数差にさらに揺らぎ分が与えられた値を示してしまい、その結果、正常なクロック再生が行えない。そのため、ローパスフィルタ及び利得14により、差分15から揺らぎの成分をカットするようにして安定したクロック再生を行えるようにしている。

【0011】なお、決められたタイムスロットが割り当てられるような通信伝送路(通常、例えば衛星通信、地上波、ケーブルなど)を介する場合はほとんど揺らぎは生じない。一方、通信パケットが不定期的に伝送される通信伝送路では揺らぎが生じ、上記ATM網の他、例えばインターネットによる伝送ではさらに大きな揺らぎが生ずることになる。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】以上のように従来のクロック再生装置では、単に送信クロック情報(PCR)と再生クロック情報(STC)の差分を送受間の周波数の違いを表すものとして使用し、送信クロック情報の受信間隔によらずローパスフィルタおよび利得へ入力して

制御を行っているため、差分が等しければ、同一の制御電圧を出力していた。

【0013】しかし、送信クロック情報と再生クロック情報の差分は送信クロック情報の受信間隔に比例するため、例えば同じ周波数差がある場合、送信クロック情報の伝送間隔が長いものと短いものとでは出力される差分の値が異なることになるが、同じ周波数差を修正するための発振器に対する制御電圧は同じにする必要がある。

【0014】したがって、周波数差が同じであっても送信クロック情報の伝送間隔が異なることにより入力（差分15）が異なってしまう場合には、同じローパスフィルタ及び利得を用いると異なる制御電圧16が出力されてしまい好ましくない。このため、送信クロック情報の伝送間隔に対応して、周波数差に対応した適切な制御電圧が常に出力されるように、最適化を行う必要があるという課題があった。

【0015】また、伝送路の揺らぎにより、クロックの差分にも揺らぎが混入するため、その揺らぎを除去するために、ローパスフィルタのカットオフ周波数を低くすると、再生クロックの受信クロックに対する追従が鈍くなり、正常なクロック再生に時間がかかる。したがって、伝送路の揺らぎの量に応じて最適化を行う必要があるという課題があった。

#### 【0016】

【課題を解決するための手段】この発明に係るクロック再生装置は、再生クロックを出力する再生クロック出力手段と、送信側クロック周波数を示す送信クロック情報と上記再生クロック出力手段から出力される再生クロックの周波数を示す再生クロック情報との差分を検出するクロック差分検出手段と、このクロック差分検出手段からの上記差分に基づき上記再生クロック出力手段の再生クロック周波数を制御する制御手段と、この制御手段に対して制御動作特性情報を入力する動作特性入力手段とを備え、この動作特性入力手段から入力される制御動作特性情報に基づき上記制御手段は上記再生クロック出力手段の再生クロック周波数を制御するものである。

【0017】また、上記動作特性入力手段が、上記差分に加わる揺らぎ情報を設定し制御動作特性情報として出力する揺らぎ情報設定手段を備えるとともに、上記制御手段はこの揺らぎ情報設定手段で設定される揺らぎ情報に基づき再生クロック周波数を制御するようにしたものである。

【0018】また、上記制御手段が、入力された上記差分に基づき上記再生クロック出力手段への制御信号を生成する利得手段を備え、上記揺らぎ情報設定手段で設定される揺らぎ情報に基づき、揺らぎが小さい場合は上記利得手段における利得を大きくし、揺らぎが大きい場合は利得を小さくするようにしたものである。

【0019】また上記制御手段が、入力された上記差分の低周波数成分をとりだすローパスフィルタ処理手段を

備え、上記揺らぎ情報設定手段で設定される揺らぎ情報に基づき、揺らぎが小さい場合は上記ローパスフィルタ処理手段のカットオフ周波数を高くし、揺らぎが大きい場合にはカットオフ周波数を低くするようにしたものである。

【0020】また、上記クロック差分検出手段から出力される差分の時間変化率のさらにその変化率を算出することにより揺らぎの大きさを検出し揺らぎ情報として設定する揺らぎ検出手段を設けたものである。

【0021】また、上記動作特性入力手段が、上記再生クロックが安定状態であることを設定する再生クロック状態設定手段を備えるとともに、上記制御手段はこの再生クロック安定状態設定手段に設定される再生クロックの状態に基づき再生クロック周波数を制御するようにしたものである。

【0022】また、上記制御手段が、入力された上記差分の低周波数成分をとりだすローパスフィルタ処理手段を備え、上記再生クロック状態設定手段で再生クロックが安定状態であると設定された場合、上記ローパスフィルタ処理手段のカットオフ周波数を低くするようにしたものである。

【0023】また、上記クロック状態設定手段として、上記クロック差分検出手段から出力される差分の時間変化率を検出し、この時間変化率が所定の値より小さくなつたことにより上記再生クロックが安定状態であると設定する差分変化率検出手段を設けたようにしたものである。

【0024】また、上記動作特性入力手段が、上記差分に加わる揺らぎ情報を設定し制御動作特性情報として出力する揺らぎ情報設定手段を備え、上記差分変化率検出手段はこの揺らぎ情報設定手段で設定される揺らぎ情報に基づき上記所定の値を設定するようにしたものである。

【0025】また、上記動作特性入力手段が、上記送信クロック情報を受信する間隔を設定し制御動作特性情報として出力する受信間隔設定手段を備えるようにし、上記制御手段はこの受信間隔設定手段で設定される受信間隔に基づき再生クロック周波数を制御するようにしたものである。

【0026】また、上記制御手段が、入力された上記差分に基づき上記再生クロック出力手段への制御信号を生成する利得手段を備えるようにし、上記受信間隔設定手段で設定される受信間隔が小さい場合は上記利得手段における利得を大きくし、上記受信間隔が大きい場合は利得を小さくするようにしたものである。

【0027】また、上記送信クロック情報を受信する間隔を検出して上記受信間隔として設定する受信間隔検出手段を設けたものである。

【0028】さらに、この発明に係るクロック再生方法は、送信側クロック周波数を示す送信クロック情報と再

生クロックの周波数を示す再生クロック情報との差分を検出し、この検出された差分と、設定された揺らぎ情報に基づき上記再生クロック周波数を制御するものである。

【 0029 】また、この発明に係る別のクロック再生方法は、送信側クロック周波数を示す送信クロック情報と再生クロックの周波数を示す再生クロック情報との差分を検出し、この検出された差分と、設定された再生クロックの状態に基づき上記再生クロック周波数を制御するものである。

【 0030 】また、この発明に係る別のクロック再生方法は、送信側クロック周波数を示す送信クロック情報と再生クロックの周波数を示す再生クロック情報との差分を検出し、この検出された差分と、設定された受信間隔に基づき上記再生クロック周波数を制御するものである。

### 【 0031 】

#### 【発明の実施の形態】

実施の形態 1 . 図 1 はこの発明におけるクロック再生装置の実施の形態 1 を示すブロック図である。 1 は再生クロックを出力する再生クロック出力手段としての発振器、 2 はこの発振器 1 からの再生クロックで動作し、そのカウント値を再生クロック 101 として出力するカウンタである。この再生クロック情報 101 は、カウンタ 2 が発振器 1 の再生クロックで動作することからその周波数を示す情報である。

【 0032 】 3 は送信クロック情報受信手段およびクロック差分検出手段としての減算器であり、送信クロック情報 100 を受信するとともに、受信した送信クロック情報 100 と上記カウンタ 2 から出力される再生クロック情報 101 との差分 102 を検出し、出力するものである。

【 0033 】 4 はこの減算器 3 から差分 102 に基づき上記発振器 1 の再生クロックを制御する制御信号 104 を出力する制御手段である。 5 は、上記制御手段 4 に対してその制御動作特性に係る情報を入力／設定するための動作特性入力手段である。

【 0034 】 次に動作について説明する。このクロック再生装置においてクロックの再生を開始する場合、最初に減算器 3 に入力する送信クロック情報 100 をカウンタ 2 にロードする。なお、このロードのタイミングとしての送信クロック情報の到着は、送信クロック情報 100 が送信される信号線あるいは時系列中の所定のビットのフラグにより検出してもよいし、到着を示す信号線（図示せず）で知らせるようにしてもよい。

【 0035 】 ロードされたカウンタ 2 の値は再生クロック情報 101 として減算器 3 に出力される（この時点では再生クロック情報 101 = 送信クロック情報 100 ）。またカウンタ 2 はこのロードされた値からスタートして発振器 1 からの再生クロックによりカウント動作

を進める。 2 番目の送信クロック情報 100 が到着したならば、その送信クロック情報 100 と上記カウンタ 2 からの再生クロック情報 101 は減算器 3 において差分がとられ、送信側および再生側のクロック周波数を示す情報同士の差分として差分 102 が出力される。

【 0036 】 また動作特性入力手段 5 は、制御手段 4 に対してその動作特性に係る情報の入力が可能であり、その情報は制御手段 4 に設定される。制御手段 4 では、この動作特性入力手段 5 からの設定された動作特性に基づき、差分 102 より発振器 1 に対する制御信号 104 を生成する。また、制御手段 4 ではクロック情報差分 102 を保持する。

【 0037 】 制御手段 4 で生成される制御信号 104 の生成については種々の方法が考えられるが、この発明においては、動作特性入力手段 5 から入力される制御動作特性情報 105 に基づいて制御手段 4 が制御信号 104 を生成し、発振器 1 のクロックの再生が最適に行えるよう制御を行う。

【 0038 】 ここで、この制御手段 4 がローパスフィルタと利得の機能により構成される場合を説明する。図 2 はこのような場合における制御手段 4 の構成例を示すブロック図である。 21 は差分 102 から低周波数成分をとりだすローパスフィルタ処理手段としてのローパスフィルタである。なお、このローパスフィルタ 21 は H/W 回路で構成してもよいし、 S/W で構成してもよい。そして、機能的に低周波成分をとりだす機能があればよく、例えば、差分 102 の相加平均をとるもの、重みづけをして平均をとるものなど、差分 102 の急峻な変化を均すものであればよい。

【 0039 】 22 は上記ローパスフィルタ 21 を介した差分 102 を増幅して発振器 1 への制御信号 104 を生成する利得手段である。 23 は動作特性入力手段 5 からの制御動作特性情報 105 に基づき、ローパスフィルタ 21 および利得手段 22 に対しての動作係数を設定する係数設定部である。

【 0040 】 このような制御手段 4 における差分 102 から制御信号 104 を生成する動作は、基本的に従来と同様であり、差分 102 に対応してその差分が一定（送信側と受信側の周波数が同じなら差分は一定になる）になるように発振器 1 の周波数を調整する制御信号（電圧）を生成する。例えば送信クロックに対して再生クロックのカウントアップが小さく、差分 102 がどんどん大きくなっているようであれば、差分 102 の増えかた比例して発振器に対して出力する電圧を大きくし、発振器の周波数を上げて再生クロックの周波数を送信クロックの周波数に近づくようにする。差分 102 が安定している状態（再生クロックと送信クロックの周波数が同じ）では、利得手段 22 は一定の利得でローパスフィルタ 21 からの信号を増幅していることになる。

【 0041 】 ここでローパスフィルタ 21 の機能につい

て説明する。図3はローパスフィルタ21の周波数特性を示すものである。ローパスフィルタ21は、カットオフ周波数を低くすることで、高周波数の信号をカットする。つまり、差分102の時間的な急峻な変化を均して出力するので、その出力信号が入力(差分102)の早い変化にいちいち敏感に追随することなく、入力に対応して出力信号が変化する場合でもその時間的变化はなだらかな曲線となる。またカットオフ周波数を高くすると、高周波の信号をあまりカットしないため、高周波のノイズ等をカットできなくなる反面、入力(差分102)の早い変化に敏感に追随するので、入力に対応して出力信号が変化する場合に出力信号は急峻な曲線をとることができる。

【0042】このローパスフィルタ21は、送受信装置間に存在する伝送路において発生する揺らぎに起因する差分102に含まれた誤差を取り除く効果がある。伝送路の揺らぎが大きい場合、ローパスフィルタ21のカットオフ周波数を小さくとることで、制御信号104がなだらかになり、伝送路が揺らいでも再生クロックがあまり揺らがなくなる。また、伝送路の揺らぎが小さい場合は、ローパスフィルタのカットオフ周波数を大きくとることで、制御信号104が急峻な値をとることが可能となり、再生クロックが送信クロックにすばやく追従することを可能とする。

【0043】また、上述のようにローパスフィルタ21は、差分102の時間的变化をなだらかにするものであるため、送信クロックに同期するように再生クロックを制御するための制御信号104に対して急峻な変化をつけられないため、クロックを同期させるために時間がかかる。したがって、同期状態を確立するための動作においても、ローパスフィルタのカットオフ周波数を大きくとって、制御信号104を急峻に変化させ、再生クロックが送信クロックにすばやく追従するようにすることが望ましい。

【0044】以上のように、伝送路の揺らぎの状況や、同期動作のステータスなど種々の状況に応じて、ローパスフィルタ21の動作特性(カットオフ周波数)を設定することにより、状況に応じた適切な再生クロック制御が行えるものであり、この発明では動作特性入力手段5から制御動作特性情報105として例えばこのようなローパスフィルタ21のカットオフ周波数を設定することができるようになっているものである。

【0045】次に利得手段22の機能について説明する。通常、発振器1の増加／減少周波数は制御信号104にはほぼ比例している。そのため、送信クロックと再生クロックの周波数差が分かれれば、再生クロックに対してその周波数差だけ増加／減少させる制御信号を与えればよい。

【0046】図4は周波数差の時間的变化を示す説明図であり、利得の大小によってその変化の具合が異なって

いることが表わされている。利得を大きくすると、周波数変化が大きくなるため、短時間で所望の周波数に近づくことが可能となる。ただし、利得を大きくしすぎると、周波数差以上に周波数を変更してしまうため、発振がおきる。さらに利得を大きくすると発散してしまう。利得を小さくすれば周波数変化が小さくなるため、再生クロックが送信クロックにほぼ同期したような状態では、再生クロックを安定に保つことができ、例えば上述の伝送路の揺らぎに追従して変動してしまうことを抑えられる。ただし利得を小さくしすぎるとクロックが同期するのに時間がかかる。

【0047】以上のように、伝送路の揺らぎの状況や、同期動作のステータスなど種々の状況に応じて、利得手段22の動作特性(利得)を設定することにより、状況に応じた適切な再生クロック制御が行えるものであり、この発明では動作特性入力手段5から制御動作特性情報105として例えばこのような利得手段22の動作特性(利得)を設定することができるようしているものである。

【0048】なお、制御手段4におけるローパスフィルタ21や利得手段22の特性が変更できる場合を説明したが、それらの機能の特性を容易に変更できない場合は、異なる特性を持つローパスフィルタや利得を複数用意し、セレクタ等によって最適な特性を持つローパスフィルタや利得を選択して使用することによって、同様の効果を得ることができる。

【0049】また、このようなクロック再生において発振器1への制御信号の生成の全部あるいは一部をソフトウェアで実現してもよい。図5はこのような場合を示すフローチャートである。

【0050】まずステップS1では送信クロック情報を受信する。最初に受信した送信クロック情報は、再生クロックで動作するカウンタにロードされる。ステップS2では、受信した送信クロック情報及び再生クロックで動作するカウンタ値(再生クロック情報)よりクロック差分情報を検出するとともに記憶する。ステップS3では、制御動作特性情報を読み込み、以後の制御情報生成時の特性(例えばローパスフィルタおよび利得の特性)とする。

【0051】ステップS4では、ステップS2で求められたクロック情報差分に基づき、再生クロックの制御を生成する。例えば、ステップS3で設定したローパスフィルタ特性でクロック情報差分にローパスフィルタをかけ、その値に同じく上記のように設定された利得をかけることにより制御情報を生成する。そしてステップS5では、ステップS4で求められた制御情報により再生クロック周波数の制御を行う。このような動作を、送信クロック情報を受信する毎に繰り返して行い、クロックを再生する。

【0052】実施の形態2. 動作特性入力手段5の構成

例として、伝送路に存在する揺らぎの情報を設定する揺らぎ情報設定手段を備える場合を説明する。上述のように、伝送路に存在する揺らぎに対して、ローパスフィルタ21により効果的にその影響を抑えたり、あるいは利得を適切に設定して伝送路の揺らぎに追従して変動してしまうことなく安定した再生クロックが得られるようになることが望ましい。

【0053】このため、動作特性入力手段5から伝送路の揺らぎの大きさを考慮した制御動作特性情報105を入力することにより、揺らぎの大きさに対応して制御手段4による再生クロック制御を行うようにする。図6は動作特性入力手段5に揺らぎ情報設定手段51を備えた場合のブロック図である。次に揺らぎの大きさにより、図2の利得手段22の利得を調整する場合を説明する。

【0054】伝送路の揺らぎは事前に測定するなどして、揺らぎ情報設定手段51に設定しておく。動作特性入力手段5では、揺らぎ情報設定手段51に設定された揺らぎに基づき、揺らぎが大きい場合は利得を小さくし、揺らぎが小さい場合は利得を大きくするような制御動作特性情報105を制御手段4に送る。揺らぎが大きい場合は利得を小さくすることにより安定したクロック再生ができ、揺らぎが小さい場合は利得を大きくすることで短い時間でクロックの同期が取れるようになる。

【0055】また揺らぎの大きさにより、図2のローパスフィルタ21のカットオフ周波数を調整する場合を説明する。上述のようにローパスフィルタ21は、受信装置間に存在する伝送路において発生する揺らぎに起因する差分102に含まれた誤差を取り除く効果がある。動作特性入力手段5では、揺らぎ情報設定手段51に設定された揺らぎに基づき、揺らぎが大きい場合はカットオフ周波数を小さく、揺らぎが小さい場合はカットオフ周波数を大きくするような制御動作特性情報105を制御手段4に送る。

【0056】伝送路の揺らぎが大きい場合はローパスフィルタ21のカットオフ周波数を小さくとることで制御信号104がなだらかになり、その結果、伝送路が揺らいでも再生クロックがあまり揺らがなくなる。また、伝送路の揺らぎが小さい場合はローパスフィルタのカットオフ周波数を大きくとることで、制御信号104が急峻な値をとることが可能となり、再生クロックが送信クロックにすばやく追従することを可能とする。

【0057】以上は揺らぎ情報を予め設定した場合を説明したが、次に揺らぎを検出する場合を説明する。図7は動作特性入力手段5に、差分102から揺らぎの大きさを検出する揺らぎ検出手段52を備えた場合のブロック図である。次に動作を説明する。減算器3より出力される差分102を揺らぎ検出手段52に入力する。揺らぎ検出手段52では、入力される差分102のから揺らぎを検出する。先に記述したように、伝送路に揺らぎを含んでいる場合、差分情報にも揺らぎ（誤差）が含まれ

るため、このことを用いて揺らぎの大きさを認識することができる。

【0058】伝送路に揺らぎがない状態でクロックの再生が行われれば、制御手段4によるクロック再生動作の結果、過去の差分の時間的な変化はなだらかにある差分値に向かって移動し、安定（ロック）した状態で一定値を保つ。しかし伝送路に揺らぎがある場合には、差分の時間的な変化は揺らぎに起因する幅で波打ちながら、ある差分値に向かって移動していく。この波を打っている部分が、伝送路の揺らぎに関係する部分である。

【0059】図8(a)は、伝送路に揺らぎが存在する場合の差分102の時間変化の一例を示す説明図である。点で表されたものが差分であり、この差分情報を滑らかな曲線でつなげたものを図に示すが、これが伝送路の揺らぎが無い場合の差分が時間的に変化すると予想される曲線である。この曲線と実際の差分の値（図の点）との距離は、揺らぎが大きいほど大きい。揺らぎが大きければ差分の誤差も大きいため、距離が離れるからである。受信した差分から曲線を導き出し、実際の差分との差より、伝送路の揺らぎの大きさを導く出すことができる。

【0060】導き出された揺らぎの大きさを用いて上述のようにローパスフィルタ21のカットオフ周波数や、利得手段22の利得を制御することができる。これにより、伝送路状態が変わったり、受信装置を異なる伝送路に接続した場合などに揺らぎの大きさが変わっても、自動的に制御手段4による最適なクロック再生制御を行うことができる。

【0061】さらに、上記揺らぎ情報設定手段52により揺らぎの大きさを検出する具体例を以下に説明する。図9はこの場合のブロック図であり、揺らぎ検出手段52に、差分102の時間的変化率を検出する差分変化率検出手段53を備える。この差分変化率検出手段53は差分102の時間変化率（差分を時間軸で微分する）を求めるものである。図8(b)は差分の時間変化率の変化の一例を示す説明図であり点が差分の変化率である。伝送路の揺らぎが無い場合、差分の時間変化率は図の曲線に示されるようになだらかに0に近づく。すなわち、差分の変化がなくなっていく、ある一定値になっていく。しかし伝送路の揺らぎが存在する場合は差分の変化が常にあり、差分も差分の変化率も収束しない。差分の変化率は0に近づくが、0を中心として揺らぎの分だけ常に上下することになる。

【0062】この差分の時間変化率をもとに、さらにその変化率を揺らぎ検出手段52において求める。揺らぎがある場合、その結果（差分の時間変化率の変化率）は、ほぼ再生クロックが安定した状態であれば、0をまたいだプラスとマイナスの値をいったりきたりすることになる。（図8(b)の例では差分の変化率の変化方向は増加と減少が交互になっているので、その変化率もP

ラスとマイナスの値を交互に繰り返すことになる) この差分の時間変化率の変化の幅が波打っている場合にはそれを揺らぎの大きさとして用いることができる。すなわち、伝送路に揺らぎがない場合でもクロックを再生するためにある程度の差分の変化はあるが、揺らぎがある場合は、差分の時間変化率の符号が反転する程度の大きな変化が発生するはずであり、これを揺らぎとして用いる。これにより、自動的に最適な再生クロック制御を行うことができる。

【0063】実施の形態3. 次に動作特性入力手段5の構成例として、再生クロックが安定状態であることを設定する再生クロック状態設定手段を備える場合を説明する。図10は動作特性入力手段5に再生クロック状態設定手段54を備えた場合のブロック図である。通常、クロック再生制御は、クロックを合わせるための制御と、クロックが合って(ロックして)から安定した(揺らがない)クロック再生を行うための制御に分けられる。クロックをすばやく合わせるために、送信クロックに対して再生クロックの追従性をよくすることが必要であり、安定したクロック再生を行うためにはクロックの時間変化率を小さくする(追従性を悪くする)ことにより達成できる。

【0064】このため、動作特性入力手段5から再生クロックがロックした状態であるか否かを考慮した制御動作特性情報105を入力することにより、再生クロックの状態に対応して制御手段4による再生クロック制御を行うようにする。

【0065】再生クロックの状態の設定は、例えば受信装置の稼動後、所定時間が経過すれば再生クロックがロック状態になっていると仮定できるなら、経過時間を計時するタイマとその所定時間を入力する手段を再生クロック状態設定手段54として設けておき、予め設定しておくことが可能である。また後述するように、動的に再生クロックの状態を検出し、設定することもできる。再生クロック状態設定手段54において、再生クロックがロックしたと設定されると、動作特性入力手段5は、ローパスフィルタ21のカットオフ周波数を小さくとするような制御動作特性情報105を制御手段4に送る。これにより、制御信号104がなだらかに(変化が小さく)なり、安定したクロックの再生が行える。逆に、クロックがロックする前は、ローパスフィルタのカットオフ周波数を大きくとるようにすることで、受信する送信クロックに対する再生クロックの追従が良くなる。

【0066】以上のように、クロックがロックしたことを探出し、それ以後制御手段内のローパスフィルタのカットオフ周波数を低くすることで、安定した(揺らぎの少ない)クロック再生を実現できる。

【0067】次に、動的に再生クロックの状態を差分102から検出する場合を説明する。図11は動作特性入力手段5に備える再生クロック状態設定手段として、差

分102からその時間的变化率を検出する差分変化率検出手段55を備えた場合のブロック図である。この差分変化率検出手段55は、図9で説明した揺らぎの大きさを検出するために設けた差分変化率検出手段53と同様のものである。

【0068】まず減算器3より出力される差分102を差分変化率検出手段55に入力する。差分変化率検出手段55では、入力される差分102の時間変化を検出する。差分102の時間変化の例は図8(a)に示したようなものであり、差分の時間変化率は図8(b)のようになる。この時間的な差分の変化すなわち差分の時間変化率が一定範囲内に収まったときに、差分変化率検出手段55ではクロックがロックしたとみなし、再生クロックが安定した状態であることを設定する。なお、一定範囲内での変動は伝送路の揺らぎによるものと推定できる。

【0069】そして、再生クロックが安定した状態であることが設定されると、動作特性入力手段5は、ローパスフィルタ21のカットオフ周波数を小さくとするような制御動作特性情報105を制御手段4に送る。これにより、制御信号104がなだらかに(変化が小さく)なり、安定したクロックの再生が行える。

【0070】以上のように、再生クロックの状態に応じて制御手段4による適切なクロック再生制御を自動的に行うことができる。

【0071】クロックがロックしたとみなす場合に、この実施形態では差分情報の時間変化率を用いているが、伝送路に揺らぎが含まれている場合、差分情報にも揺らぎ(誤差)が含まれる。その結果、差分情報の時間変化率も揺らぐことになるが、伝送路の揺らぎの大きさによっては、この差分の時間変化率がある値以下にならずにクロックがロックしたとみなせなくなる可能性がある。これを解決する例として、図6や図9で説明したようなゆらぎ情報設定手段51を動作特性入力手段5にさらに設け、そのゆらぎ情報を差分変化率検出手段55に出力することにより、差分変化率検出手段55においてクロックがロックしたことを見分けるための差分の時間変化の大きさの基準を設定することができ、図12はそのような構成を示すブロック図である。

【0072】差分変化率検出手段55ではクロックがロックしたことを見分けるための差分の時間変化の大きさをゆらぎ情報設定手段51に設定された伝送路の揺らぎから最適化し、クロックがロックしたことを見分けることができる。伝送路の揺らぎとクロックのロックの認識の関係は、種々考えられるが、例えば、前回と今回の差分情報の差がある値A以下の場合をロックしたとみなすクロックのロックの認識方法では、伝送路の揺らぎが大きい場合は、ある値Aを大きくし、揺らぎが小さい場合はある値Aを小さくすることにより、揺らぎに対応したクロックのロックの認識が行える。

【0073】さらに、このようにクロックがロックしたことを正確に認識するために揺らぎ情報を用いる場合には、その揺らぎ情報を図9で説明したような方法を用いて図12の構成で求めることができる。図9で説明したように、差分変化率検出手段59で検出する差分変化率に対してさらに変化率を求めることで揺らぎの大きさが求められるからである。この場合、まず差分変化率検出手段59で差分変化率が検出され、ゆらぎ情報設定手段51に送られ、ここでさらにその変化率を求めることで揺らぎの大きさが求められる。そして求められた揺らぎの大きさが差分変化率検出手段59にもどされ、クロックのロック判断に用いられる。なお、差分変化率の検出から揺らぎの大きさの生成までを、差分変化率検出手段59内で行うように構成してもよい。

【0074】また、以上のような再生クロックの状態に応じて制御を行う場合において、再生クロックの状態の検出から発振器1への制御信号104の生成までの全部あるいは一部をソフトウェアで実現してもよい。図13はこの例として、差分変化率の検出から制御動作特性情報としてのローパスフィルタ21のカットオフ周波数の指示までを処理する場合のフローチャートである。

【0075】まずステップS10ではクロック情報差分を受信する。ステップS11では、上記差分情報を蓄積する。蓄積する差分情報の数は有限にする場合、古いものから削除するようにする。ステップS12では、今回の差分情報と以前に蓄積した差分情報と比較し、差分情報の時間的变化を検出する。時間的变化の検出方法は、いろいろと存在するが、簡単な例では、前回と今回の差分情報の差がある値より小さい場合を時間変化が少ない（時間変化率：小）とし、ある値より大きい場合を時間変化が大きいとする。

【0076】ステップS13では、ステップS12で求められたクロック情報差分情報の時間変化の大小に対し、分岐を行う。時間変化が大きい場合は、何もせず今回の処理は終了となる。時間変化が小さい場合はステップS14に分岐する。ステップS14では、ローパスフィルタのカットオフ周波数を低くするような指示を作成し、動作特性入力手段へ出力する。このような動作を、差分情報を受信する毎に繰り返して行い、クロックを再生に係る特性の制御を行う。

【0077】実施の形態3. 次に動作特性入力手段5の構成例として、送信クロック情報を受信する間隔を設定する受信間隔設定手段を備える場合を説明する。従来のものにおいては、制御手段4は送信クロック情報（PCR）100とカウンタ2から出力される再生クロック情報（STC）101の差分102を入力し、これに基づいて発振器1を制御しているが、例えば送信間で存在する周波数差に対し、送信クロックのカウント情報であるPCR100を受信する間隔によってこの差分102の大きさは異ってしまう。したがって、PCR100の

受信間隔が異なるシステム用いたり、PCR100の受信間隔が変化してしまうと、それに対応してローパスフィルタや利得の特性を変更する必要が生じる。

【0078】そこでこの実施形態では、動作特性入力手段5から送信クロックの受信間隔を設定することにより、制御手段4で適正なクロック再生を行えるようにしている。図14は動作特性入力手段5に受信間隔設定手段56を備えた場合のブロック図である。次に揺らぎの大きさにより、利得手段22の利得を調整する場合を説明する。受信間隔は適用されるシステムの仕様に応じて決めるなどしておき、適宜、受信間隔設定手段56に設定する。

【0079】動作特性入力手段5では、受信間隔設定手段56に設定された受信間隔に基づき、利得手段22の利得が受信間隔に反比例するように、制御動作特性情報を制御手段4に与える。すなわち、同じ周波数差に対してであっても、受信間隔が大きければ差分102の値は大きくなり、受信間隔が小さければ差分102の値は小さくなるので、例えば受信間隔が大きいことで、値が大きくなってしまった差分値に対しては、利得を小さくすることで、その対応する出力である制御信号104を適切な値として出力できるようにするものである。

【0080】さらに、動的に受信間隔を検出する場合を説明する。図15は、PCR100の受信タイミングから受信間隔を検出する受信間隔検出手段57を備えた場合のブロック図である。この受信間隔検出手段57にはPCR100が入力され、その受信間隔を内部のタイマなどを利用して検出し、受信間隔設定手段56に設定するものである。

【0081】送信クロック情報100が入力として、受信間隔検出手段7に入力されると、受信間隔検出手段7では、その送信クロック情報を受信した時刻を、内部のタイマなどを使用して記録する。そしてその記録した時刻を前回送信クロック情報受信時に記録した時刻との差を取り受信間隔を算出する。

【0082】算出した受信間隔を1つ、もしくは何回かの平均を取った値を受信間隔情報として、受信間隔設定手段56に入力する。これにより、自動的に送信クロック情報の受信間隔を検出し、これを上述のように利得手段22の利得制御に用いることで、適切なクロック再生制御を自動的に行える。

【0083】このような受信間隔検出動作の全部あるいは一部をソフトウェアで実現してもよい。図16はこのような場合を示すフローチャートである。

【0084】まずステップS21では送信クロック情報を受信する。ステップS22では、上記送信クロック情報の受信時刻をタイマ等により計測し保存する。ステップS23では、今回の受信時刻と以前に受信した送信クロック情報の受信時刻の差より、受信間隔を算出する。ステップS24では、受信間隔情報を生成する。受信間

隔情報の生成方法は、いろいろと存在するが、簡単な例では、何回かの受信間隔の平均を取ったものを受信間隔情報とする方法などがある。ステップS25では、算出した受信間隔情報を動作特性入力手段に出力する。このようにして自動的に送信クロック情報の受信間隔を検出し、これを利得の制御に用いることで、適切なクロック再生制御を自動的に行う。

【0085】なお、上記全ての実施形態では制御手段4においてローパスフィルタ21や利得手段22の特性を変更する場合を説明したが、異なる特性を持つローパスフィルタや利得を複数用意し、セレクタ等によって最適な特性を持つローパスフィルタや利得を選択して使用することによって、同様の効果を得ることは全ての実施形態に適用できるものである。

#### 【0086】

【発明の効果】以上のようにこの発明によれば、制御手段に対して制御動作特性情報を入力する動作特性入力手段を備え、この制御動作特性情報に基づき制御手段が再生クロック出力手段の再生クロック周波数を制御するようとしたので、種々の状況に対応して最適なクロック再生制御が行えるという効果を奏する。

【0087】また、差分に加わる揺らぎ情報を設定し制御動作特性情報として出力する揺らぎ情報設定手段を備えるとともに、制御手段がこの揺らぎ情報に基づき再生クロック周波数を制御するようにしたので、伝送路の揺らぎの大きさに応じた適切なクロック再生制御が行えるという効果を奏する。

【0088】また、揺らぎ情報に基づき、揺らぎが小さい場合は上記利得手段における利得を大きくし、揺らぎが大きい場合は利得を小さくするようにしたので、安定したクロック再生あるいは短時間でのクロックの同期が行えるという効果を奏する。

【0089】また、揺らぎ情報に基づき、揺らぎが小さい場合は上記ローパスフィルタ処理手段のカットオフ周波数を高くし、揺らぎが大きい場合にはカットオフ周波数を低くするようにしたので、伝送路が揺らいでも再生クロックがあまり揺らがなくなる、あるいは再生クロックが送信クロックにすばやく追従するようになるという効果を奏する。

【0090】また、上記クロック差分検出手段から出力される差分の時間変化率のさらにその変率を算出することにより揺らぎの大きさを検出し揺らぎ情報として設定する揺らぎ検出手段を設けたので、自動的に揺らぎに応じたクロック再生制御が行えるという効果を奏する。

【0091】また、再生クロックが安定状態であることを設定する再生クロック状態設定手段を備えるとともに、この再生クロックの状態に基づき再生クロック周波数を制御するようにしたので、再生クロックの状態に応じて制御手段による適切なクロック再生制御を行うことができるという効果を奏する。

【0092】また、再生クロック状態設定手段で再生クロックが安定状態であると設定された場合、ローパスフィルタ処理手段のカットオフ周波数を低くするようにしたので、再生クロックが安定してからの適切なクロック制御が行えるという効果がある。

【0093】また、クロック差分検出手段から出力される差分の時間変化率を検出し、この時間変化率が所定の値より小さくなつたことにより再生クロックが安定状態であると設定する差分変化率検出手段を設けたようにしたので、自動的にクロックが安定状態に基づく適切なクロック再生制御が行えるという効果を奏する。

【0094】また、揺らぎ情報に基づき、再生クロックの安定状態を設定するようにしたので、揺らぎの大きさに応じた適切な再生クロックの安定状態の判定が行えるという効果を奏する。

【0095】また、送信クロック情報を受信する間隔を設定し制御動作特性情報として出力する受信間隔設定手段を備えるようにし、制御手段が受信間隔に基づき再生クロック周波数を制御するようにしたので、受信間隔の大小に係らず常に適切なクロック再生制御が行えるという効果を奏する。

【0096】また、受信間隔が小さい場合は上記利得手段における利得を大きくし、上記受信間隔が大きい場合は利得を小さくするようにしたので、受信間隔に応じた適切なクロック再生制御が行えるという効果を奏する。

【0097】また、送信クロック情報を受信する間隔を検出して上記受信間隔として設定する受信間隔検出手段を設けたので、自動的に受信間隔に応じた適切なクロック再生制御が行えるという効果を奏する。

【0098】さらに、この発明に係るクロック再生方法によれば、送信側クロック周波数を示す送信クロック情報と再生クロックの周波数を示す再生クロック情報との差分を検出し、この検出された差分と、設定された揺らぎ情報に基づき上記再生クロック周波数を制御するので、揺らぎに応じたクロック再生制御が行えるという効果を奏する。

【0099】また、送信側クロック周波数を示す送信クロック情報と再生クロックの周波数を示す再生クロック情報との差分を検出し、この検出された差分と、設定された再生クロックの状態に基づき上記再生クロック周波数を制御するので、クロックが安定状態に基づく適切なクロック再生制御が行えるという効果を奏する。

【0100】また、送信側クロック周波数を示す送信クロック情報と再生クロックの周波数を示す再生クロック情報との差分を検出し、この検出された差分と、設定された受信間隔に基づき上記再生クロック周波数を制御するので、受信間隔に応じた適切なクロック再生制御が行えるという効果を奏する。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の実施の形態におけるクロック再生装

置のブロック図である。

【図2】この発明の実施の形態におけるクロック再生装置内の制御手段の構成例を示したブロック図である。

【図3】この発明の実施の形態におけるローパスフィルタの特性を説明する説明図である。

【図4】この発明の実施の形態における利得の値と周波数差の時間変化の例を説明する説明図である。

【図5】この発明の実施の形態におけるクロック再生動作を示すフローチャートである。

【図6】この発明の実施の形態におけるクロック再生装置のブロック図である。

【図7】この発明の実施の形態におけるクロック再生装置のブロック図である。

【図8】この発明の実施の形態におけるクロック再生制御時のクロック情報の差分、および差分の時間変化率の例を説明する説明図である。

【図9】この発明の実施の形態におけるクロック再生装置のブロック図である。

【図10】この発明の実施の形態におけるクロック再生装置のブロック図である。

【図11】この発明の実施の形態におけるクロック再生装置のブロック図である。

【図12】この発明の実施の形態におけるクロック再生装置のブロック図である。

【図13】この発明の実施の形態におけるクロック再生

動作を示すフローチャートである。

【図14】この発明の実施の形態におけるクロック再生装置のブロック図である。

【図15】この発明の実施の形態におけるクロック再生装置のブロック図である。

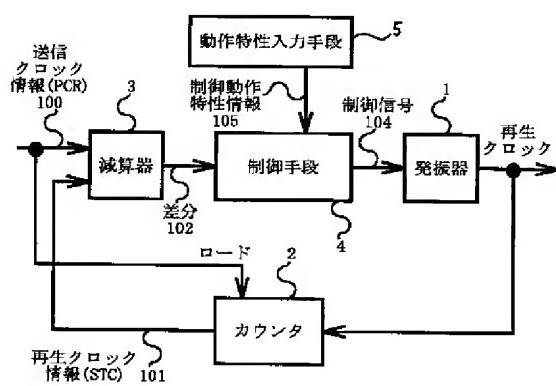
【図16】この発明の実施の形態におけるクロック再生動作を示すフローチャートである。

【図17】従来のクロック再生装置のブロック図である。

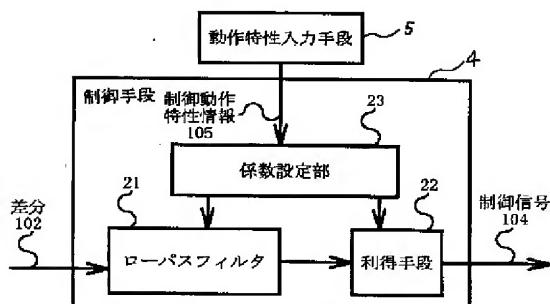
#### 【符号の説明】

- 1 発振器
- 2 カウンタ
- 3 減算器
- 4 制御手段
- 5 動作特性入力手段
- 21 ローパスフィルタ
- 22 利得手段
- 51 搞らぎ情報設定手段
- 52 搞らぎ検出手段
- 53 差分変化率検出手段
- 54 再生クロック状態設定手段
- 55 差分変化率検出手段
- 56 受信間隔設定手段
- 57 受信間隔検出手段

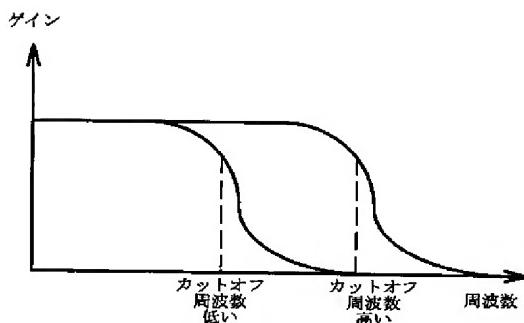
【図1】



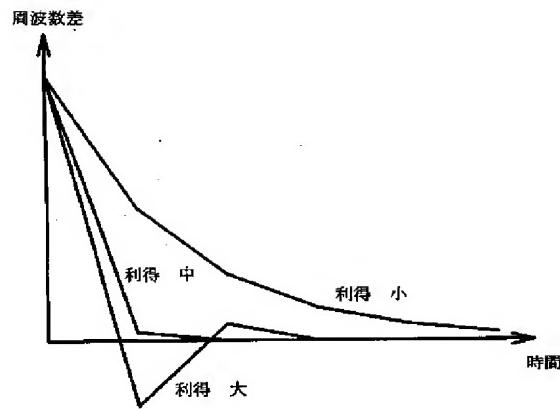
【図2】



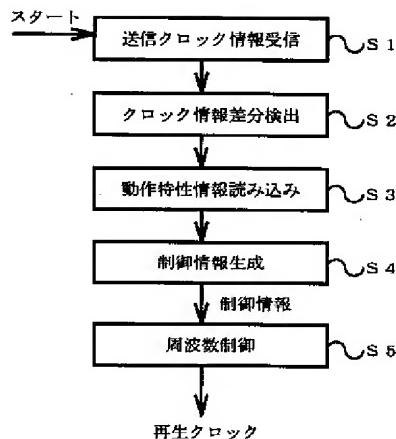
【図3】



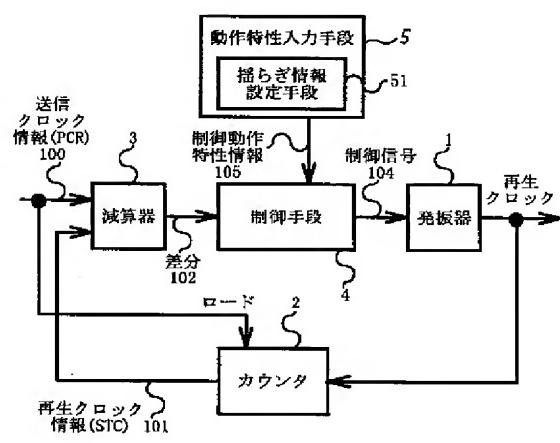
【図4】



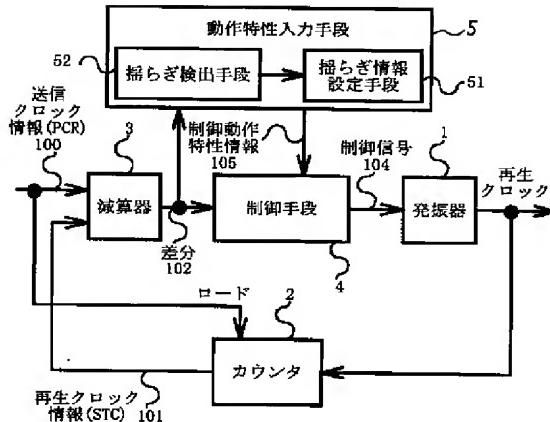
【図5】



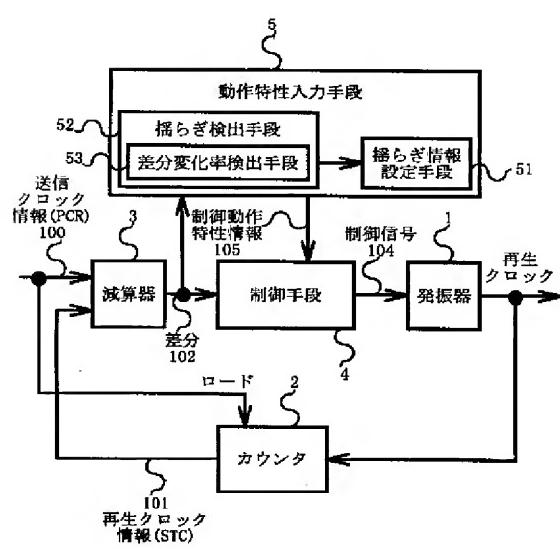
【図6】



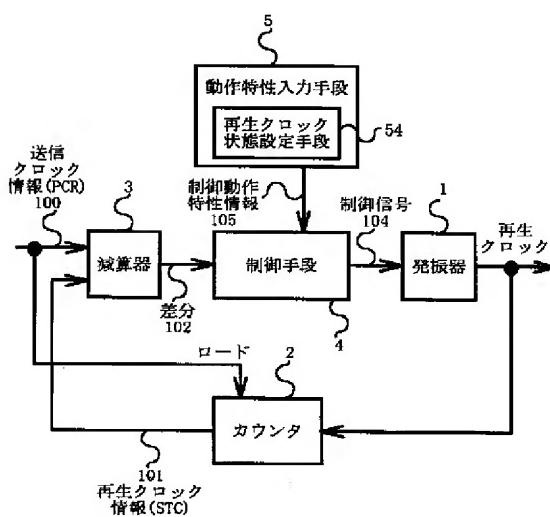
【図7】



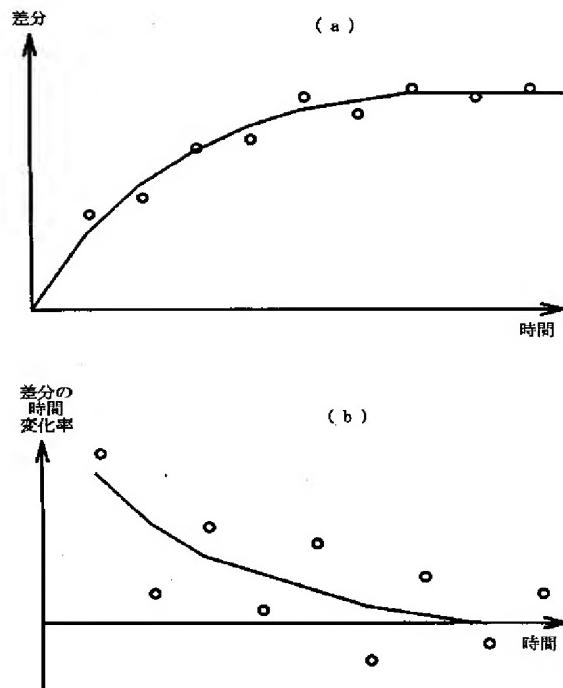
【図9】



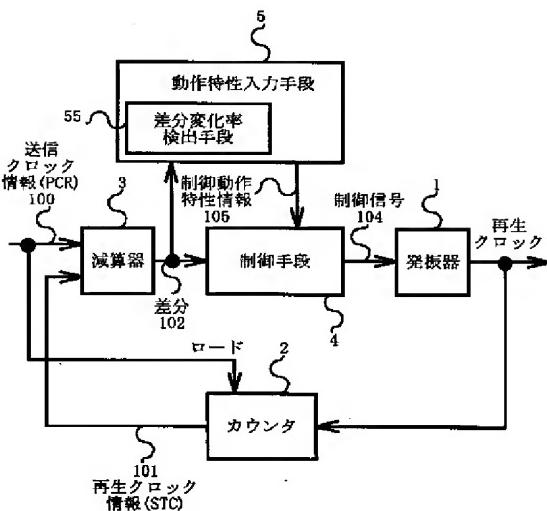
【図10】



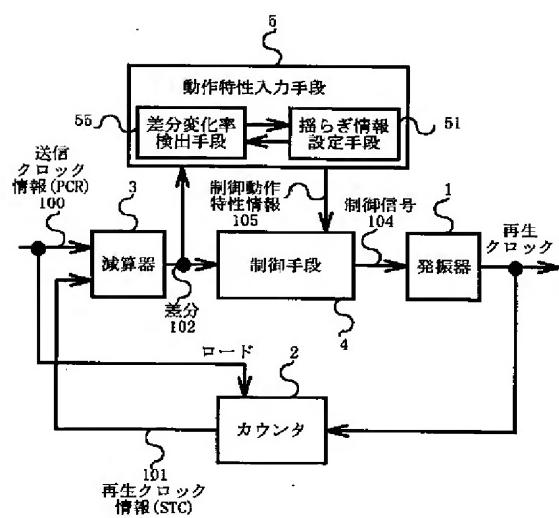
【図8】



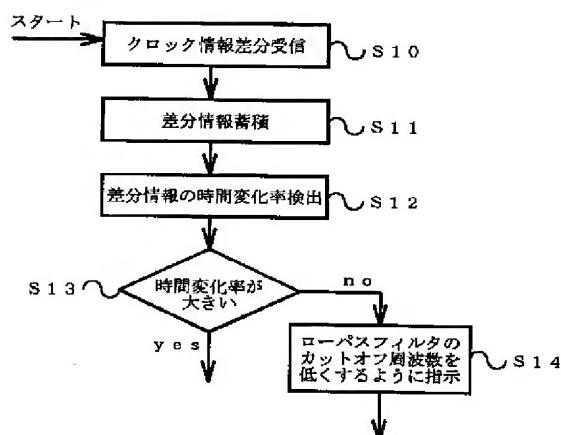
【図11】



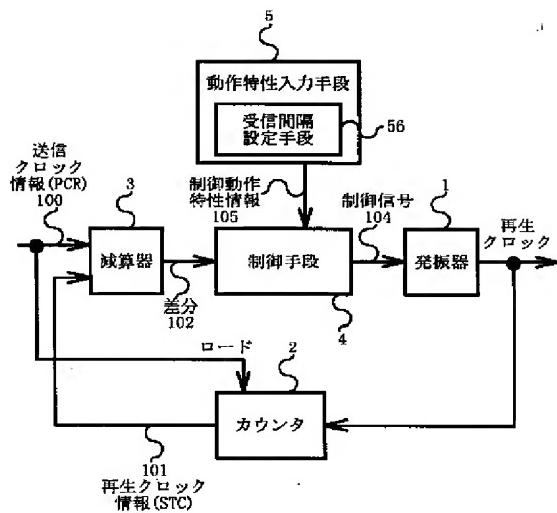
【図12】



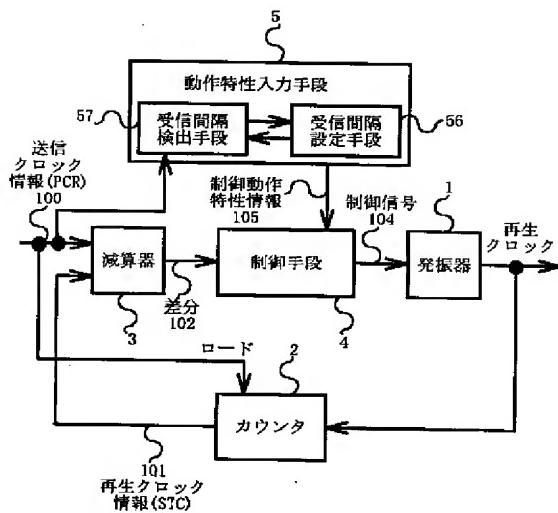
【図13】



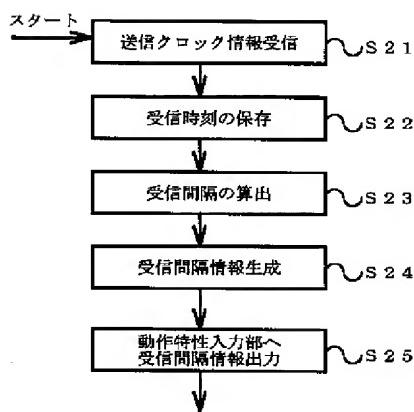
【図14】



【図15】



【図16】



【図17】

